SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL CAPTADA DE UM PAVIMENTO PERMEÁVEL PARA UTILIZAÇÃO NO SISTEMA DE HIDRANTES E EM USOS NÃO POTÁVEIS DE UMA EDIFICAÇÃO

Stormwater harvested from a permeable pavement for use in the hydrant system and non-potable uses of a building

Antunes, Lucas Niehuns[1]; Ghisi, Enedir[2]; Souza, João Carlos[3]

Recebido em 23 de julho de 2021, aprovado em 15 de outubro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

Palavras-chave:
Sistema de hidrantes,
Pavimentos permeáveis,
Água pluvial,
Edificações.

Keywords:
Hydrant system,
Permeable pavements,
Stormwater,
Buildings.

RESUMO: Com o aumento da demanda por água potável, cresce a preocupação com a escassez de recursos hídricos. Assim, o uso racional da água tornou-se uma das atividades necessárias para economizar esse recurso. Um assunto pouco abordado na literatura e com grande potencial de economia de água é o uso de água pluvial em sistemas de combate a incêndio. Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento de água pluvial coletada em um pavimento permeável para uso no sistema de hidrantes e usos não potáveis em uma edificação. O potencial de economia de água potável foi simulado com o auxílio do programa computacional Netuno 4, considerando o uso de água pluvial como reserva técnica de incêndio e para fins não potáveis, como descargas de bacias sanitárias, mictórios e rega de jardins. Os resultados mostram que a água pluvial coletada no pavimento pode gerar mais de 70% de economia de água potável e abastecer totalmente a edificação durante 83,9% dos dias do ano. A integração da água pluvial aos sistemas de proteção contra incêndio é uma forma importante e eficaz de aumentar a economia de água potável em edificações.

ABSTRACT: There is a growing concern about the scarcity of water resources due to the increase in the demand for potable water. A subject rarely addressed in the literature and with great potential for water savings is using stormwater in hydrant systems. This work aims to evaluate the potential for using stormwater collected from a permeable pavement in the fire extinguishing system and non-potable uses in a building. The potential for potable water savings was estimated using the Netuno computer programme. Stormwater was meant to supply the fire fighting water storage and non-potable uses, such as flushing toilets and urinals, and garden watering. The results show that stormwater can generate more than 70% potable water savings and completely supply the building during 83.9% of the days of the year. Integrating stormwater to fire protection systems is an important and effective way of increasing potable water savings in buildings.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **ANTUNES, Lucas Niehuns**: Universidade Federal de Santa Catarina, lucas_niehuns@hotmail.com
[2] **GHISI, Enedir**: Universidade Federal de Santa Catarina, enedir.ghisi@ufsc.br
[3] **SOUZA, João Carlos**: Universidade Federal de Santa Catarina, joão.carlos@ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água vem decrescendo em todo o mundo devido ao crescimento da população e o consequente aumento da demanda por água. Um dos recursos que vêm sendo estudados e apresenta grande potencial de utilização é o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Segundo Antunes et al. (2016), a água pluvial coletada pode ser utilizada em descarga de bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de calçadas e de automóveis. Além disso, alguns estudos destacam que a água pluvial pode ser utilizada em sistemas de combate a incêndio, tais como sistema de hidrantes e sistemas de chuveiros automáticos (CRUZ; ALMEIDA, 2020; SOUSA, 2016).

Dessa forma, por meio do aproveitamento de água pluvial, é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos, além de contribuir com a segurança contra incêndio de edificações.

Existe uma grande gama de artigos na literatura apresentando os benefícios do uso dos pavimentos permeáveis (ANTUNES et al., 2018), assim como a qualidade da água infiltrada por este tipo de pavimento (SELBIG et al., 2019; PILON et al., 2019). Existem também diversos artigos que mostram o aproveitamento de água pluvial captada de pavimentos permeáveis para usos não potáveis em edificações (HAMMES et al., 2018; THIVES et al., 2018; VAZ et al., 2020).

Este artigo tem como objetivo principal avaliar o potencial de aproveitamento de água pluvial captada de um pavimento permeável para utilização no sistema hidráulico preventivo e em usos não potáveis em uma edificação. A reserva técnica de incêndio, os reservatórios de água pluvial e o potencial de economia de água também foram estimados.

2 MÉTODO

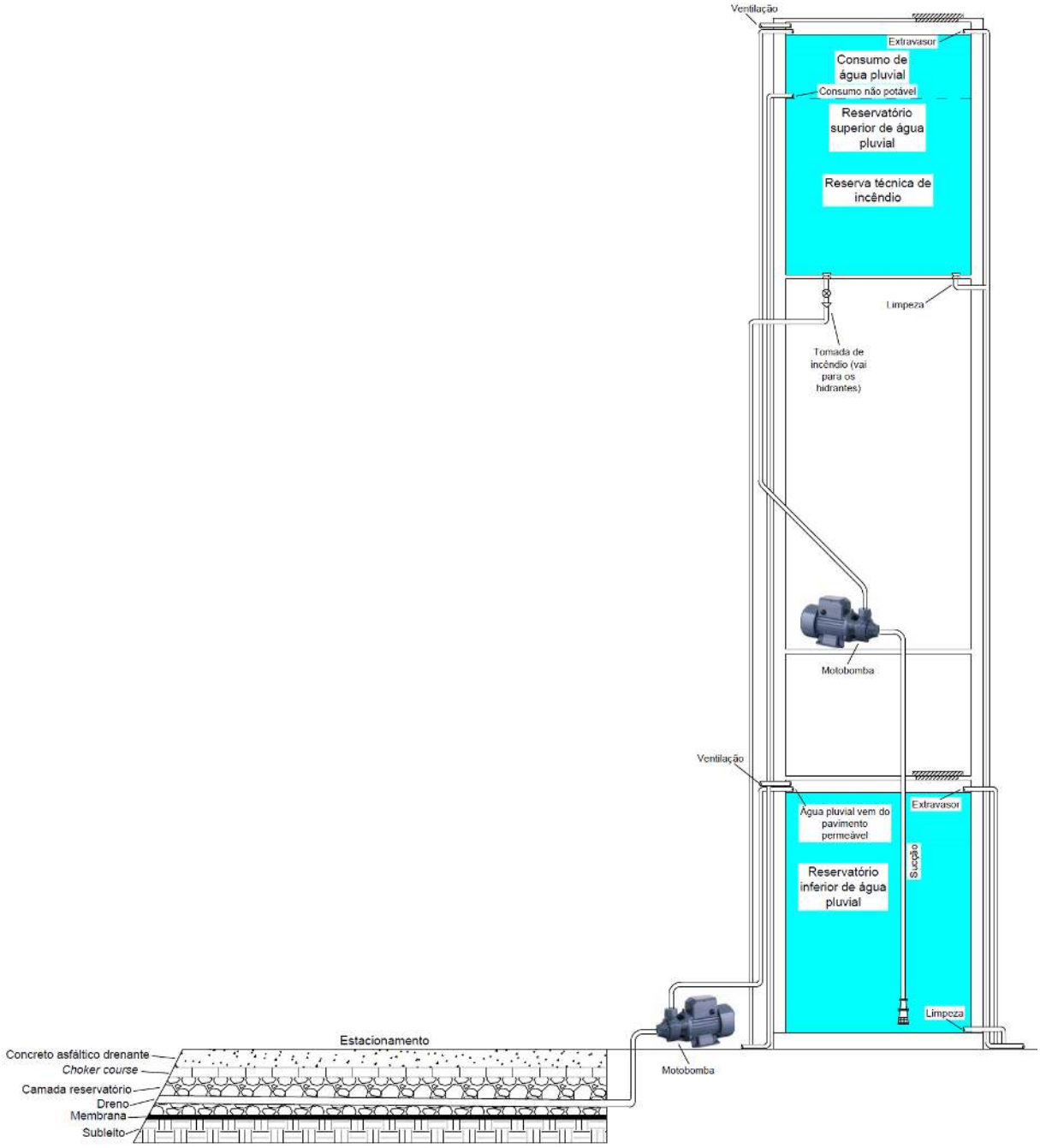
2.1 Área de estudo

Uma edificação pública (sede da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri) e seu estacionamento, localizados na cidade de Florianópolis/SC, foram considerados para a análise. A edificação é composta por dois blocos de dois andares, com uma área total de 8.025 m² e uma população de 271 pessoas.

2.2 Dimensionamento da reserva técnica de incêndio

A edificação em estudo é classificada como D-1 (local para prestação de serviço profissional), com carga de incêndio específica igual a 700 MJ/m², segundo as Instruções Normativas (IN) do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (CBMSC, 2020a; 2020b). Para este tipo de edificação, faz-se necessária a instalação de um sistema hidráulico preventivo (rede de hidrantes). O volume d'água da reserva técnica de incêndio (RTI) é definido em função da carga de incêndio e da área total construída do imóvel, conforme diretrizes da IN 07 (CBMSC, 2017). Dessa forma, o volume mínimo da RTI é igual a 15.000 litros. A Figura 1 apresenta o esquema vertical do sistema proposto para a edificação.

Figura 1 – Esquema vertical do sistema proposto.



Fonte: Autoria própria (2021).

2.3 Modelo de pavimento permeável adotado

O modelo de pavimento adotado é do tipo sem infiltração no subleito, constituído por uma camada de revestimento de concreto asfáltico drenante, uma camada de assentamento denominada *choker course* e uma camada reservatório, além da membrana impermeável, que tem como função impedir que a água passe da estrutura do pavimento para o subleito.

A camada de revestimento tem espessura de 5 cm e é composta por brita zero e pó de pedra. A mistura é composta por ligante modificado por borracha moída de pneus em 5%. O percentual de infiltração do pavimento é de 80%, conforme mostrou o resultado do estudo de Hammes et al. (2018). A camada *choker course* tem espessura de 3 cm e é composta por

agregados graníticos (brita 3/4”). A camada reservatório, por sua vez, é composta por brita nº 3 e sua espessura deve ser dimensionada de acordo com a NBR 16416 (ABNT, 2015).

2.4 Parâmetros de qualidade da água pluvial captada

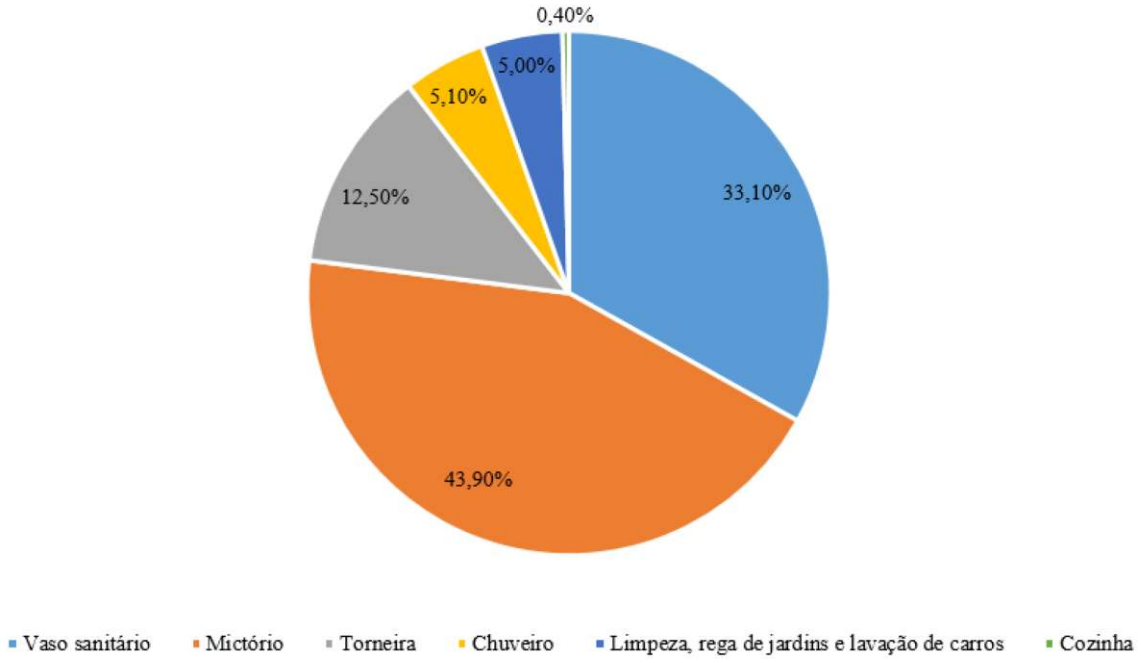
A NBR 15527 (ABNT, 2019) determina que a qualidade da água pluvial a ser aproveitada em usos não potáveis de edificações deve atender aos seguintes parâmetros mínimos: *Escherichia Coli* < 200/100 ml, Turbidez < 5,0 uT e pH de 6,0 a 9,0. Como a água pluvial será captada por meio de um pavimento permeável, não se fará uso de dispositivo de descarte de detritos ou descarte do escoamento inicial, visto que o pavimento permeável tem como característica a remoção de poluentes desde a primeira descarga pluvial. Recomenda-se tratamento com cloração no reservatório. Estudos realizados na Universidade Federal de Santa Catarina comprovam que a qualidade da água pluvial após a passagem pelo pavimento permeável possui os parâmetros Escherichia Coli, Turbidez e pH adequados para usos não potáveis (HAMMES et al., 2018; THIVES et al., 2018; GHISI et al., 2020). Outros estudos internacionais atestam a melhoria na qualidade da água pluvial por meio da infiltração em pavimentos permeáveis. Segundo Pagotto et al. (2000), os metais pesados chegam a ter redução de até 74%, sólidos são retidos a uma taxa de 87% e os hidrocarbonetos são interceptados a uma taxa ainda maior (90%).

2.5 Potencial de aproveitamento de água pluvial

Para determinar o potencial de aproveitamento de água pluvial, considerou-se que a água pluvial seria usada no sistema de hidrantes e em usos não potáveis, como descarga de vasos sanitários e mictórios, limpeza de áreas externas e rega de jardins. O programa computacional Netuno, versão 4, foi utilizado para avaliar o potencial de economia de água potável para diferentes capacidades de reservatórios (GHISI; CORDOVA, 2014). O Netuno é um programa aberto que tem por objetivo estimar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser potável, tais como descarga de vasos sanitários, limpeza de pisos, rega de jardim, lavação de carros etc. O programa foi validado por Rocha (2009). Os dados de entrada para as simulações são a precipitação diária, a área da superfície do pavimento permeável, a demanda média diária de água potável na edificação, a demanda de água pluvial e a taxa de infiltração do pavimento.

Os dados de precipitação foram obtidos no site HidroWeb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020). Assim, a precipitação diária durante um período de 16 anos (1 de janeiro de 2002 a 31 de dezembro de 2017) foi usada nas simulações. A taxa de infiltração é igual a 80%, resultado encontrado no modelo de pavimento permeável testado por Hammes et al. (2018). A demanda por água pluvial é igual a 82,0% da demanda total de água, conforme estudo realizado por Kammers e Ghisi (2005) na edificação, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Estimativa dos usos finais de água da edificação em estudo.



Fonte: Adaptado de Kammers e Ghisi (2005).

Os dados de saída utilizados no trabalho são o potencial de economia de água potável para diferentes capacidades de reservatório, consumo de água pluvial e volume de água pluvial extravasada.

2.6 Volume dos reservatórios de água pluvial

O cálculo do volume do reservatório superior de água pluvial foi feito por meio da Equação 1, que leva em consideração o consumo médio per capita de água, o número de ocupantes da edificação, a demanda de água pluvial e a reserva técnica de incêndio.

$$V_{res.\ sup.} = C_{diário\ per\ capita} \times N \times D_{ap} + RTI \quad \text{(Eq. 1)}$$

Sendo: $V_{res.\ sup.}$ é o volume do reservatório superior de água pluvial (litros); $C_{diário\ per\ capita}$ é o consumo médio diário de água (litros/pessoa/dia); N é o número de ocupantes da edificação; D_{ap} é a demanda de água pluvial (%); RTI é a reserva técnica de incêndio (litros).

O dimensionamento do volume do reservatório inferior de água pluvial foi feito com auxílio do programa Netuno, versão 4, conforme explicado na seção 2.5. Foram feitas simulações para diferentes capacidades de reservatório. A capacidade máxima de reservatório avaliada foi de 100.000 litros e o intervalo entre cada capacidade foi de 5.000 litros. Decidiu-se indicar a capacidade ideal do reservatório por meio da diferença entre potenciais de economia de água potável. Tal escolha fica a critério do projetista. A diferença escolhida foi de 0,5%/m³.

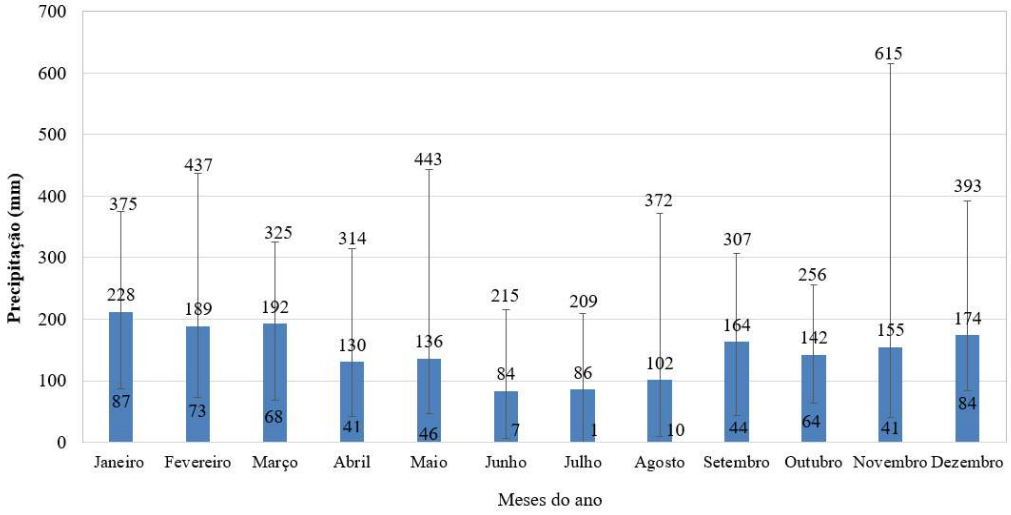
3 RESULTADOS

3.1 Dados pluviométricos

Na cidade de Florianópolis, há precipitações maiores nos meses de verão, sendo a maior média no mês de janeiro (228 mm), enquanto nos meses de inverno a precipitação diminui,

tendo a menor média no mês de junho (84 mm). A média de precipitação anual no período de 2002 a 2017 foi igual a 1764 mm (Figura 3).

Figura 3 – Precipitação mensal média de Florianópolis.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Área de captação

A área aproximada estimada para a coleta da água pluvial é de 5.800 m^2, envolvendo as áreas de calçadas e área do estacionamento propriamente dito. As calçadas entre as vagas, embora não sejam permeáveis, também contribuem para o escoamento superficial gerado, escoando para o pavimento permeável.

3.3 Consumo de água na edificação

Entre 2014 e 2018 foram verificados consumos anuais semelhantes, variando de 2.416 a 3.002 m³. A média mensal para o mesmo período foi de 226,68 m³. O mês de janeiro é o que possui a menor média (173 m³), devido principalmente ao período de recesso dos funcionários em parte desse mês.

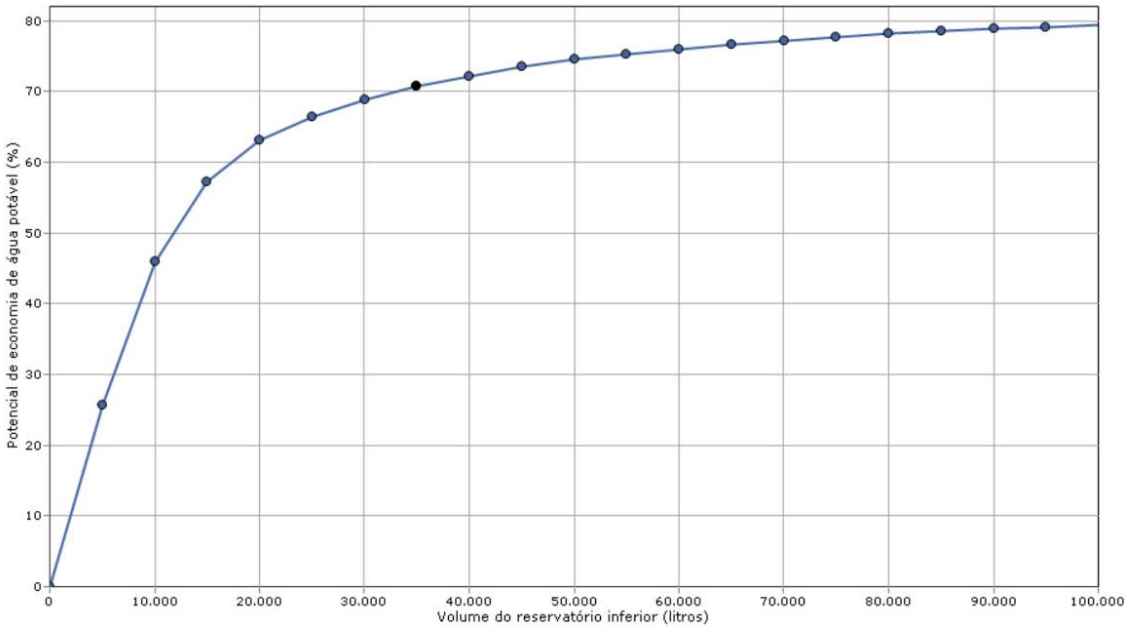
3.4 Volume do reservatório superior de água pluvial

Por meio da Equação 1 calculou-se o volume do reservatório superior de água pluvial necessário para o sistema. A média mensal para o período de consumo avaliado foi de 226,68 m³, conforme visto na seção 3.3. Considerando 30 dias por mês, tem-se que o consumo diário foi de 7.556 litros/dia. A população da edificação é igual a 271 pessoas. Assim, obteve-se consumo igual a 27,9 litros/pessoa/dia. A demanda de água pluvial é igual a 82,0% do consumo total. Somando a RTI de 15.000 litros, o volume do reservatório superior de água pluvial calculado foi de 21.196 litros.

Com os dados apresentados nas seções 3.1 a 3.4, foi calculado o volume do reservatório inferior necessário ao sistema de aproveitamento de água pluvial e, também, o potencial de aproveitamento de água pluvial que tal sistema geraria. A Figura 4 mostra o potencial de economia de água potável conforme a variação do volume do reservatório inferior. O volume de água no reservatório superior, abaixo do qual há recalque, foi calculado como sendo os 15.000 litros da RTI mais 10% do volume de consumo de água pluvial, resultando

em 15.619 litros. Conforme mencionado anteriormente, a água pluvial é usada no sistema de hidrantes e em usos não potáveis, como descarga de vasos sanitários e mictórios, limpeza de áreas externas e rega de jardins. O valor de 10% para o recalque foi escolhido conforme recomendação da NBR 15527 (ABNT, 2015).

Figura 4 – Potencial de aproveitamento de água pluvial e economia de água potável.



Fonte: Autoria própria (2021)

Utilizando a diferença entre potenciais de economia de água potável igual a 0,5%/m³, com o auxílio do programa Netuno, foi adotado um volume de reservatório inferior de 35.000 litros. O potencial de aproveitamento de água pluvial alcançado foi de 70,8%, o que representa um consumo médio de água pluvial igual a 5.348 litros/dia. Em relação ao suprimento de água pluvial na edificação, o volume de reservatório adotado atende completamente à demanda de água para fins não potáveis em 83,9% dos dias do ano, parcialmente em 4,5% e não atende em 11,5% dos dias.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta o potencial de aproveitamento de água pluvial captada de um pavimento permeável para utilização no sistema hidráulico preventivo e em usos não potáveis de uma edificação. Os resultados mostram que a precipitação do município de Florianópolis é suficiente para abastecer completamente os usos não potáveis da edificação durante 83,9% dos dias do ano. O potencial de economia de água potável calculado é de 70,8%, o que representa um consumo médio diário de água pluvial igual a 5.348 litros. Anualmente a economia média é de 1.952.020 litros.

Sabe-se que o tratamento e o posterior aproveitamento de água pluvial captada de pavimentos permeáveis para uso em fins não potáveis pode reduzir o consumo de água potável, minimizar o racionamento de água, reduzir a escassez dos recursos hídricos e, além disso, pode ser usada em sistemas de combate a incêndio de edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416:** Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. São Paulo, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Séries históricas**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 01 mar. 2020.

ANTUNES, L.N., THIVES, L.P., GHISI, E. Potential for potable water savings in buildings by using stormwater harvested from porous pavements. **Water** 2018, v. 8 (4), p. 110.

ANTUNES, L.N., GHISI, E., THIVES, L.P. Permeable pavements life cycle assessment: A literature review. **Water** 2016, v. 10 (11), p. 1575.

CBMSC. **IN 1 – Parte 02 – Procedimentos administrativos:** sistemas e medidas de segurança contra incêndio e pânico. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Instruções Normativas, 2020a.

CBMSC. **IN 3 – Carga de incêndio**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Instruções Normativas, 2020b.

CBMSC. **IN 7 – Sistema Hidráulico Preventivo**. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Instruções Normativas, 2017.

CRUZ, F.G., ALMEIDA, D.G. **Aproveitamento de Água da Chuva Para Uso em Instalações de Combate a Incêndio e Aparelhos Sanitários em um Centro de Convenções**. Universidade de Rio Verde, Rio Verde/GO, 2020.

GHISI, E., CORDOVA, M.M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departmento de Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 2014.

GHISI, E., BELOTTO, T., THIVES, L.P. The use of permeable interlocking concrete pavement to filter stormwater for non-potable uses in buildings. **Water** 2020, 12, 2045.

HAMMES, G., THIVES, L.P., GHISI, E. Application of stormwater collected from porous asphalt pavements for non-potable uses in buildings. **Journal of Environmental Management** 2018, v. 222, p. 338-347.

KAMMERS, P.C., GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído** 2005, v. 6 (1), p. 75-90.

PILON, B.S., TYNER, J.S., YODER, D.C., BUCHANAN, J.R., 2019. The Effect of Permeable Concrete on Water Quality Parameters: A Case Study. **Water** 2019, 11, 263.

ROCHA, V.L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água pluvial em edificações**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009.

SELBIG, W.R., BUER, N., DANZ, M.E. Stormwater-quality performance of lined permeable pavement systems. **Journal of Environmental Management** 2019, 251, 109510.

SOUSA, E.A. **O uso sustentável dos recursos hídricos nas operaçãoes de combate a incêndios em João Pessoa - Um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro de Educação da PMPB. Curso de Especialização em Segurança Pública. Polícia Militar da Paraíba. João Pessoa, PB, 2016.

THIVES, L.P., GHISI, E., BRECHT, D.G., PIRES, D.M.. Filtering capability of porous asphalt pavements. **Water** 2018, 10, 206.

VAZ, I.C.M., GHISI, E., THIVES, L.P. Life cycle energy assessment and economic feasibility of stormwater harvested from pervious pavements. **Water Research** 2020, 170, 115322.